

*В. А. ЗАЙЦАВА, А. А. КАВАЛЕУ, С. І. КАНАНОВІЧ,**С. Б. КАСЦЮКЕВІЧ, З. А. НІЧЫПАРОВІЧ*

СПЕКТРАЛЬНЫЯ І ПАЛЯРЫЗАЦЫЙНЫЯ ХАРАКТАРЫСТЫКІ ТАРФЯНІСТА-ГЛЕЕВЫХ ГЛЕБАЎ З РОЗНАЙ СТУПЕННЮ МІНЕРАЛІЗАЦЫІ

Тарфяна-балотныя комплексы Беларусі выконваюць важныя прыродна-ахоўныя функцыі па падтрыманні экалагічнай раўнавагі ў прыродзе (водарэгулюючыя, рэкрэацыйныя, рэгенерацыя кіслароду і г. д.) [1]. Аднак у выніку антрапагеннага ўздзеяння адбываецца дэградацыя тарфяных месцараджэнняў. Так, напрыклад, амаль палова тарфянога фонду Палесся выкарыстоўваецца пад сельгасугоддзі, а, паводле даных [2], атрыманых на Палескай доследна-меліярацыйнай станцыі, разбурэнне арганічнага рэчыва пад шматгадовымі травамі складае 7—8, пад прапашнымі — 11—12 т/га ў год (у абсалютна сухой масе). У сувязі з гэтым пытанні вывучэння дынамікі разбурэння і страт арганічнага рэчыва набываюць першараднае значэнне і патрабуюць распрацоўкі простых і надзейных метадаў кантролю.

Адным з параметраў, якія характарызуюць стан тарфяных месцараджэнняў, з'яўляецца ступень мінералізацыі (зольнасць) глебаў.

З мэтай вывучэння магчымасці выкарыстання спектрапалярызacyjnych характарыстык для дыстанцыйнага кантролю тарфяных месцараджэнняў праводзіліся натурныя эксперыменты на 12 тэставых участках Грычына-Старобінскага балотнага стацыянара. Участкі адносіліся да тарфяна-глеевых глебаў нізіннага тыпу з колькасцю мінеральных кампанентаў ад 13 да 98%. Зольнасць і вільготнасць глебаў вызначаліся тыпавым метадам па ДАСТ 11305-83 і ДАСТ 11306-83 адпаведна.

Аптычныя характарыстыкі глебаў вымяраліся з пляцоўкі $20 \times 4 \text{ см}^2$ спектрапалярыметрам МСС-2П [3] у спектральным дыяпазоне $0,42\text{--}0,78 \text{ мкм}$ (ступень палярызачыі вызначалася ў дыяпазоне $0,47\text{--}0,73 \text{ мкм}$) пры зенітных вуглах Сонца $\theta_0 = 45\text{--}47^\circ$, хмарнасці 1—2 балы. Вымярэнні праводзіліся пад вугламі 0 і 60° пры азімуце $180'$ (азімут Сонца 0°). Сярэднеквадратичная хібнасць вызначэння спектральнай шчыльнасці энергетычнай яркасці (СХЭЯ) складала 7—10%, хібнасць вызначэння ступені палярызачыі $\pm 0,05$. Праводзіліся вымярэнні ўшчыльненага верхняга слоя глебы.

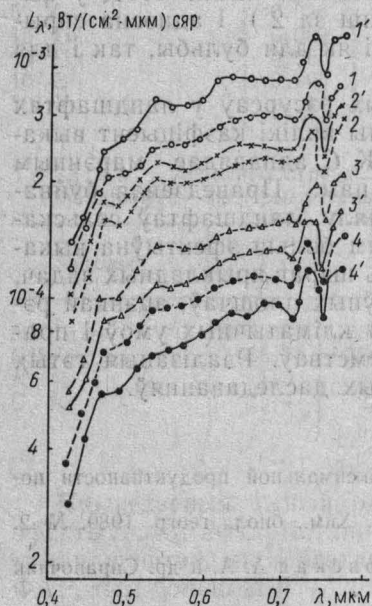


Рис. 1. СХЭЯ ушчыльненага слоя глебы пры вымярэнні пад вугламі $\theta_0 = 45^\circ$, $\theta = 0^\circ$ (штриховыя лініі), $\theta = 60^\circ$, $\varphi = 180^\circ$ (суцэльныя): 1, 1' — $Z = 94,1\%$, $W = 2,1\%$; 2, 2' — $Z = 79,6\%$, $W = 4,3\%$; 3, 3' — $Z = 45,4\%$, $W = 14,0\%$; 4, 4' — $Z = 13,3\%$, $W = 13,3\%$

Вынікі кантактных вымярэнняў паказалі, што паміж зольнасцю і вільготнасцю існуе адваротная лінейная залежнасць (каэфіцыент карэляцыі $R = -0,82$): чым больш глеба насычана арганічнымі рэчывамі (меншая зольнасць), тым больш вільгаці назапашваецца і захоўваецца ў глебе.

Спектральныя размеркаванні СХЭЯ ушчыльненай глебы пры вымярэнні пад вугламі $\theta = 0^\circ$, 60° , $\varphi = 180^\circ$ для розных значэнняў зольнасці і вільготнасці прыведзены на рис. 1. Каэфіцыенты варыяцыі СХЭЯ па краях спектральнага дыяпазону склалі 10—15%, у сярэдзіне — не больш

Табліца 1. Значэнні інтэгральнай яркасці, каардынатаў колернасці, зольнасці і вільготнасці тэставых пляцовак

$\varphi = 180^\circ$, $\theta = 0^\circ$					$\varphi = 180^\circ$, $\theta = 60^\circ$		
Z, %	W, %	$L_\Sigma \times 10^{-2}$	$X \times 10^{-1}$	$Y \times 10^{-1}$	$L_\Sigma \times 10^{-2}$	$X \times 10^{-1}$	$Y \times 10^{-1}$
94,12	2,14	8,72	3,58	3,84	11,8	3,91	4,03
94,19	3,45	9,02	3,96	4,03	6,85	4,01	4,04
81,14	3,57	7,62	3,91	4,04	7,52	3,88	4,05
79,58	4,27	7,42	3,88	4,01	7,90	3,84	4,03
54,48	6,13	5,03	3,86	4,01	4,37	3,83	4,05
43,96	9,03	3,27	3,90	4,04	2,77	3,93	4,03
45,36	14,0	4,77	3,89	4,04	3,97	3,80	4,08
26,82	17,4	4,39	3,77	3,87	4,26	3,74	3,86
17,95	24,2	2,81	3,80	3,89	2,61	3,76	3,95
14,41	12,9	3,19	3,76	3,94	2,59	3,77	3,94
13,56	11,1	2,75	3,87	4,03	2,82	3,79	4,11
13,32	13,3	2,46	3,96	4,09	2,86	3,94	4,21

Таблиця 2. Коэффициенты кареляццї паміж СХЭЯ, ступенню палярызаццї, вільготнасцю і зольнасцю

СХЭЯ					Ступень палярызаццї				
$\varphi=180^\circ, \theta=0^\circ$			$\theta=60^\circ$		$\theta=0^\circ$			$\theta=60^\circ$	
$\lambda, \text{мкм}$	Z	W	Z	W	$\lambda, \text{мкм}$	Z	W	Z	W
0,44	0,94	-0,75	0,84	-0,69	0,47	-0,70	0,50	-0,80	0,52
0,48	0,95	-0,77	0,87	-0,72	0,50	-0,18	0,03	-0,68	0,49
0,52	0,96	-0,78	0,87	-0,72	0,54	-0,05	-0,18	-0,54	0,25
0,56	0,96	-0,77	0,88	-0,72	0,58	-0,01	-0,04	-0,56	0,26
0,60	0,94	-0,76	0,88	-0,73	0,62	-0,30	0,16	-0,86	0,63
0,64	0,94	-0,76	0,88	-0,73	0,66	-0,33	0,17	-0,82	0,61
0,68	0,96	-0,79	0,89	-0,79	0,70	-0,31	0,10	-0,70	0,70
0,72	0,95	-0,77	0,88	-0,77	0,73	-0,34	0,13	-0,63	0,66
0,78	0,96	-0,77	0,88	-0,72					

за 7%. Павелічэнне СХЭЯ глебаў з ростам зольнасці звязана з насычэннем глебы мінеральнымі светлаафарбаванымі кампанентамі (кварц, злучэнні жалеза, марганцу і г. д.). Разлік каэфіцыентаў кареляццї СХЭЯ глебаў на розных даўжынях хваляў паміж сабой пры розных значэннях зольнасці і вільготнасці паказаў, што СХЭЯ карэлююць адзін з адным з $R=0,87-0,99$. Гэта дазваляе меркаваць, што спектральны састаў адлюстраванага ад тарфяніста-глеевых глебаў выпраменьвання не залежыць ад велічыні зольнасці і вільготнасці. Разлік каардынатаў колернасці [4] паказаў (табл. 1), што пры змяненні зольнасці, вільготнасці і вугла назірання змяненні каардынатаў колеру, якія характарызуюць колернасць аб'екта, знаходзяцца ў межах хібнасці вызначэння гэтых велічыняў. Гэта таксама пацвярджае нязменнасць спектральнага саставу адлюстраванага ад глебаў выпраменьвання пры змяненні зольнасці для тарфяніста-глеевых глебаў.

Назіраюцца даволі высокія значэнні каэфіцыентаў кареляццї паміж СХЭЯ, зольнасцю і вільготнасцю для абодвух вуглоў назірання (табл. 2): з зольнасцю $R=0,95-0,94$, з вільготнасцю — $R=0,69-0,74$. Высокія каэфіцыенты кареляццї паміж СХЭЯ на ўсіх даўжынях хваляў спектральнага дыяпазону, які разглядаецца, як з зольнасцю, так і паміж сабой дазваляюць зрабіць выснову пра мэтазгоднасць выкарыстання інтэгральных значэнняў яркасці для вызначэння ступені мінералізаццї глебаў. Інтэгральныя значэнні СХЭЯ для ўчасткаў, якія вывучаюцца, прыведзены ў табл. 1.

Былі вызначаны рэгрэсійныя залежнасці паміж інтэгральнымі яркасцямі слоя глебы з вільготнасцю ў дыяпазоне $2,1\% \leq W \leq 24,2\%$, з зольнасцю — $13,32\% \leq Z \leq 94,12\%$:

$$Z = -19,6 + 1300,0L_{\Sigma}, \quad \theta = 0^\circ, \quad \varphi = 180^\circ, \quad \bar{R}^2 = 0,92,$$

$$W = 21,5 - 219,0L_{\Sigma}, \quad \bar{R}^2 = 0,61, \quad (1)$$

$$Z = -0,68 + 973,0L_{\Sigma}, \quad \theta = 60^\circ, \quad \varphi = 180^\circ, \quad \bar{R}^2 = 0,78,$$

$$W = 18,5 - 166,0L_{\Sigma}, \quad \bar{R}^2 = 0,53,$$

дзе L_{Σ} — інтэгральныя значэнні СХЭЯ, Вт/(см²·мкм), сяр.; $\bar{R}^2$ — каэфіцыент дэтэрмінацыі, які характарызуе працаздольнасць ураўненняў.

Аналіз атрыманых залежнасцяў паказаў, што зольнасць лепш за ўсё вызначаць па вымераных у надзёр інтэгральных значэннях яркасці. Аналагічныя вынікі атрыманы ў [5, 6] па вызначэнні гумусу ў глебах. Атрыманая рэгрэсійная залежнасць і роскід эксперыментальных значэнняў прыведзены на рыс. 2, а. Сярэдняя адносная хібнасць вызначэння зольнасці па атрыманай залежнасці не перавышае 15%. Пытанні

ўплыву структуры паверхні і ступені вільготнасці глебы пры вядомай зольнасці на каэфіцыенты рэгрэсійных залежнасцяў патрабуюць далейшай эксперыментальнай прапрацоўкі, бо вядома, што залежнасць яркасці ад вільготнасці для глебаў рознага механічнага саставу спецыфічная і часцей за ўсё непрамаалінейная: светлаафарбаваныя глебы больш адчувальныя да змянення вільготнасці, чым цёмныя глебы з высокай колькасцю арганікі, і, акрамя таго, глебы з рассечанай паверхняй

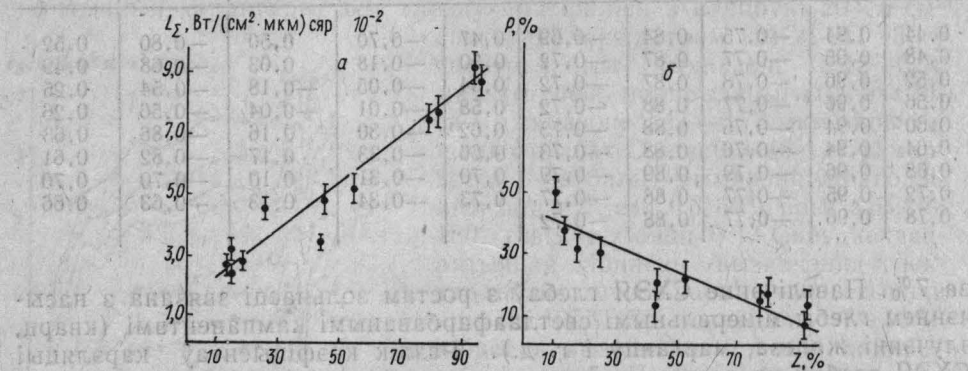


Рис. 2. Залежнасць (а) інтэгральных значэнняў яркасці ад зольнасці пры $\theta=0^\circ$, $\theta_0=45^\circ$; б — ступені палярызацыі на $\lambda=0,62$ мкм ад зольнасці пры $\theta_0=45^\circ$, $\theta=60^\circ$, $\varphi=180^\circ$: суцэльная лінія — разлічаная рэгрэсійная залежнасць, кропкі — эксперыментальныя значэнні, вертыкальныя адрэзкі — сярэднеквадратычныя адхіленні

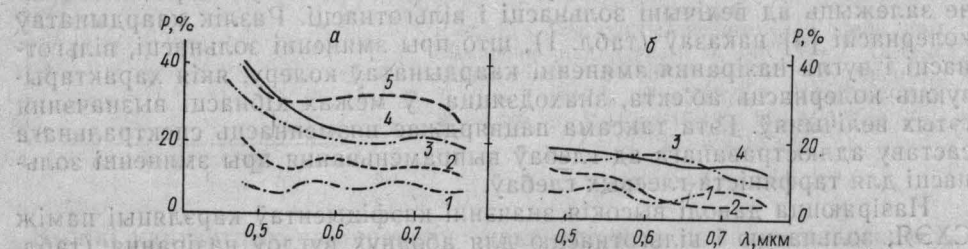


Рис. 3. Спектральнае размеркаванне ступені палярызацыі выпраменьвання, адлюстраванага ад глебы: а — пры $\theta_0=45^\circ$, $\theta=60^\circ$, б — пры $\varphi=180^\circ$: 1 — $Z=94,1\%$, $W=2,1\%$; 2 — $Z=79,6\%$, $W=4,3\%$; 3 — $Z=26,8\%$, $W=17,1\%$; 4 — $Z=45,4\%$, $W=14,0\%$; 5 — $Z=13,3\%$, $W=13,3\%$

(узрыхлены) выглядаюць больш цёмнымі ў параўнанні з гладкімі і даюць меншыя градыенты залежнасці СХЭЯ ад вільготнасці [7].

Параўнанне СХЭЯ глебаў, вымераных пад вугламі 0 і 60° , $\varphi=180^\circ$, паказвае, што пры $Z \geq 78\%$ для ўтрамбаванай паверхні характэрна павелічэнне яркасці з ростам вугла назірання; ва ўсіх астатніх выпадках незалежна ад ступені вільготнасці вымераныя пад 60° СХЭЯ меншыя, чым пры надзірнай здымцы, і адносіны СХЭЯ глебаў для двух вуглоў практычна не залежаць ад ступені мінералізацыі.

Адначасова з вымярэннямі СХЭЯ пры розных умовах назірання праводзіліся палярызацыйныя вымярэнні і разлічвалася ступень палярызацыі (P) выпраменьвання, адлюстраванага ад глебаў [7]. На рис. 3 прыведзены спектральныя залежнасці ступені палярызацыі выпраменьвання, адлюстраванага ад ўтрамбаванага слоя глебы, пры вуглах назірання $\theta=0^\circ$, $\theta=60^\circ$, $\varphi=180^\circ$. Атрыманыя вынікі паказалі, што змяненне ступені палярызацыі пры змяненні зольнасці і вільготнасці больш працяўляецца пры вымярэнні пад вугламі $\theta=60^\circ$, $\varphi=180^\circ$: з павелічэннем колькасці арганікі і вільготнасці ступень палярызацыі расце. У табл. 2 прыведзены каэфіцыенты карэляцыі паміж ступенню палярызацыі, зольнасцю і вільготнасцю. З аналізу каэфіцыентаў карэляцыі відаць, што для ўшчыльненага паверхневага слоя глебы надзірныя вымярэнні ступені палярызацыі неэфектыўныя і адной з прычын гэтага з'яўляюц-

да малыя змяненні велічыні R , якія можна параўнаць з хібнасцю вызначэння ступені палярызацыі.

Для вымярэнняў пад вуглом 60° у спектральных дыяпазонах, дзе назіраюцца найбольш высокія і значныя каэфіцыенты карэляцыі, былі разлічаны каэфіцыенты лінейнай рэгрэсійнай залежнасці паміж ступенню палярызацыі і зольнасцю. Аналіз паказаў, што лінейная залежнасць існуе паміж зольнасцю і ступенню палярызацыі на $\lambda = 0,62$ мкм:

$$Z = 103,0 - 224,0 P_{0,62}, \quad 0,14 \leq P_{0,62} \leq 0,48, \quad \bar{R}^2 = 0,73. \quad (2)$$

Сярэдняя адносная хібнасць вызначэння зольнасці па рэгрэсіі (2) складае 20%. Атрыманая залежнасць і роскід эксперыментальных даных паказаны на рыс. 2, б. Вядома, што ступень палярызацыі выпраменьвання, адлюстраванага ад глебаў, залежыць не толькі ад тыпу глебаў, але і ад структуры паверхневага слоя і вільготнасці. Паводле літаратурных даных [8, 9], сувязь паміж ступенню палярызацыі і вільготнасцю для глебаў нелінейная, аднак у праведзеных эксперыментах вызначыць уклад вільготнасці не ўдалося, і таму метаэгодна правесці дадатковыя даследаванні па ацэнцы ўплыву вільготнасці і структуры паверхні на каэфіцыенты атрыманых рэгрэсійных залежнасцяў.

Такім чынам, атрыманая эксперыментальная даная паказваюць магчымасць вызначэння ступені мінералізацыі глебаў у раёнах, для якіх існуе лінейная залежнасць паміж вільготнасцю і зольнасцю глебаў, з надзірных вымярэнняў інтэгральных значэнняў яркасці і вымярэння палярызацыі на $\lambda = 0,62$ мкм пад вугламі $\theta = 60^\circ$ і $\varphi = 180^\circ$. Адначасова з дыстансійнымі вымярэннямі на кантрольным участку неабходна змерыць зольнасць і вільготнасць і ўвесці карэкцыю каэфіцыентаў рэгрэсійных ураўненняў у залежнасці ад дыяпазону змяненняў вільготнасці.

Літаратура

1. Тановицкий И. Г. Рациональное использование торфяных месторождений и охрана окружающей среды. Минск, 1980.
2. Скоропанов С. Г., Барсуков А. И. // Мелиорация и проблемы органического вещества. Минск, 1974. С. 15—18.
3. Беляев Б. И., Зайцева В. А., Плюта В. Е. и др. // Приборы и техника эксперимента. 1985. № 1. С. 243.
4. Гуревич М. М. Цвет и его измерения. М.; Л., 1950.
5. Федченко П. П., Кондратьев К. Я. Спектральная и отражательная способность некоторых почв. Л., 1981.
6. Сомова С. М., Федченко П. П. // Исследование земли из космоса. 1986. № 3. С. 90—93.
7. Зайцева В. А., Кононович С. И., Плюта В. Е. // Журнал прикладной спектроскопии. 1987. Т. 46, № 2. С. 257—263.
8. Genda H., Oka yama H. // Appl. Opt. 1978. Vol. 17, N 5. P. 807—813.
9. Genda H., Oka yama H. // Appl. Opt. 1978. Vol. 17, N 21. P. 3439—3443.